

# Con calidad y fiabilidad

## LAS TIC EN LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

POR FRANCISCO CADARSO Y CARMEN RUS JIMÉNEZ

Sin duda la actividad más conocida de la Agencia Estatal de Meteorología - hasta el 14 de febrero, el Instituto Nacional de Meteorología - es la predicción del tiempo. Información que la mayoría de los ciudadanos seguimos con asiduidad a través de los medios de comunicación, y con mayor interés aún cuando se anuncia algún fenómeno meteorológico relevante. Aunque quizá es menos conocida la potente infraestructura en tecnologías de la información y las comunicaciones que la Agencia Estatal necesita para prestar este importante servicio a la sociedad, con la calidad y fiabilidad que ésta demanda.





La relación entre la meteorología y las TIC es tan estrecha que todos los avances que se han producido en la mejora de las predicciones han sido consecuencia directa de las mejoras en el campo de la informática y en el de las comunicaciones.

Una predicción meteorológica requiere determinar objetivamente la evolución futura de los complejos procesos que ocurren en la atmósfera a partir del conocimiento de su estado en un determinado instante inicial. Para ello se utilizan modelos matemáticos que simulan el estado de la atmósfera y la dinámica de su evolución a lo largo de un determinado intervalo de tiempo, integrando un conjunto de complejas ecuaciones diferenciales, para calcular la evolución temporal de la temperatura, viento, humedad y presión en los puntos de una malla tridimensional en que se ha dividido el espacio atmosférico definido como área de trabajo. Cuanto menor es la distancia entre los puntos de la malla, mayor es la resolución del modelo, aumentando así el número de puntos sobre los que hay que resolver el sistema de ecuaciones. Este complejo sistema de ecuaciones diferenciales no tiene solución analítica, por lo que hay que aplicar métodos numéricos aproximados para resolverlo, lo que requiere de ordenadores con una enorme potencia de cálculo, así como de una gran capacidad de memoria y de almacenamiento.

Los modelos numéricos del tiempo actuales, llamados deterministas, son capaces de dar previsiones del tiempo con alcance de hasta diez días, aunque su fiabilidad decrece cuando el horizonte de la predicción va más allá de los primeros cinco días; dependiendo de la situación de la atmósfera a la hora de efectuar la pre-

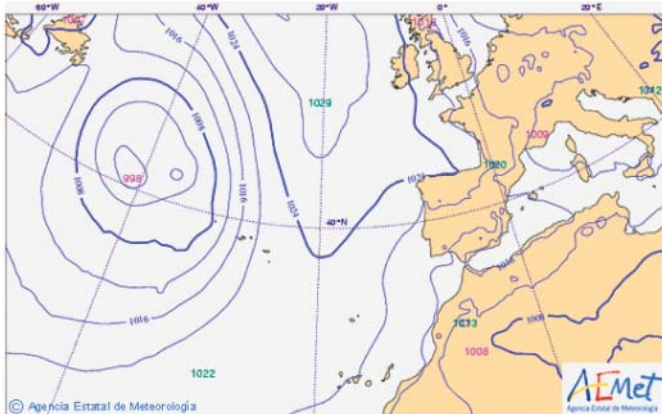
dicción. Debido a la no linealidad de las ecuaciones de la hidrodinámica, cualquier error en la simulación de las condiciones iniciales que reflejen el estado de la atmósfera al comienzo de la integración es amplificado por el modelo a lo largo de las sucesivas integraciones, desviando cada vez más los pronósticos con respecto a la realidad. Utilizando esta propiedad, se ha desarrollado una nueva técnica de predicción, que consiste en introducir modificaciones en el análisis inicial, integrando cada uno de los análisis modificados, obteniéndose así un conjunto de predicciones, que se combinan en una predicción promedio, o bien, se agrupan en un pequeño número de predicciones alternativas con una probabilidad de ocurrencia. A esta técnica se denomina Sistema de Predicción por Conjuntos. La predicción deja de ser determinista para pasar a ser de tipo probabilístico.

Además, hay que añadir que la AEMET realiza actividades encaminadas al estudio del cambio climático, efectuando integraciones de los modelos estacionales y climáticos (utilización de los modelos numéricos en “modo clima”), así como modelos de calidad del aire.

### **Evolución de los sistemas informáticos**

El primer ordenador del que dispuso la AEMET fue un ordenador IBM 370, con discos removibles, en el que se ingresaban los programas mediante tarjetas perforadas, y cuyas prestaciones hoy en día son superadas con creces por cualquier ordenador personal. Posteriormente, en 1984, se adquirió el primer ordenador de altas prestaciones para modelización del tiempo: un Fujitsu FACOM-M382, de dos CPUs, con sistema operativo »

### Mapa previsto de isobaras con el modelo HIRLAM



Las largas series de datos de observación meteorológica son, unos de los principales valores de la Agencia Estatal de Meteorología, y la base de todos los estudios sobre el clima y su evolución

MVS, el cual fue adquirido por unos 800 millones de pesetas (unos 4,8 millones de euros). En este ordenador se integraba el modelo numérico de predicción del tiempo LAM91 (Limited Area Model), con una resolución horizontal de cerca de 100 Km y una resolución vertical de 15 niveles. El modelo tardaba en integrarse en este ordenador unos 90 minutos. Fue retirado de operación en 1997

En 1993 se instaló un ordenador Cray C-94, de cuatro procesadores vectoriales y sistema operativo UNICOS, el cual fue adquirido por un importe de 1.200 millones de pesetas (unos 7,2 millones de euros) y se mantuvo operativo hasta enero de 2003. En este ordenador se comenzó a integrar el modelo LAM91 con un tiempo de cálculo de unos 6 minutos frente a los 90 minutos que tardaba el Fujitsu. El modelo LAM91 fue sustituido por el modelo HIRLAM (High Resolution Area Model), con una resolución horizontal de 40 Km y una resolución vertical de 31 niveles. Además, se integraba una versión

de este modelo de área más reducida con una resolución de 20 Km, sobre dos áreas diferentes (una abarcaba la Península Ibérica y las Islas Baleares y la otra las Islas Canarias). El tiempo de cálculo empleado por este ordenador era inferior a 45 minutos para cada modelo.

Este ordenador fue sustituido en 2003 por un nuevo sistema que constaba de un ordenador vectorial Cray SV1, ordenador "puente" que entró en operación en enero de 2003, con 16 procesadores vectoriales y sistema operativo UNICOS, y de un ordenador vectorial Cray X1E, que entró en operación en el primer trimestre de 2004, con 128 procesadores vectoriales que proporcionaban 2,2 Tflops de potencia pico de cálculo, unos 700 Gflops de potencia de cálculo sostenida para el modelo HIRLAM y una SAN heterogénea de clase III, formada por una librería robotizada ADIC Scalar 100, de 14,4 TB de capacidad (cartuchos LTO2) y de 4 TB en discos FC. Fue adquirido por 8,4 millones de euros y en él se integran varios modelos numéricos deterministas: modelo HIRLAM con un área más grande que con el sistema antiguo, con una resolución horizontal de 16 Km y resolución vertical de 40 niveles; más dos modelos HIRLAM de menor área pero con 5 Km de resolución horizontal; más varios modelos para predicción por conjuntos, así como modelos climáticos y de calidad del aire. El tiempo que se tarda en integrar los modelos numéricos deterministas es inferior a una hora.

Durante los cuatro años de operación del Cray X1E se ha incrementado la capacidad de almacenamiento en 24 TB y su memoria interna en 192 GB, por lo que en total ahora dispone de 512 GB de RAM, estando prevista su sustitución en 2010

para poder asumir los retos que nos plantean modelos numéricos más precisos, y por ende, más costosos en tiempo de cálculo.

Podemos entonces afirmar que cada uno de los aumentos significativos en la potencia de cálculo de los ordenadores ha llevado aparejada una mejora en los resultados de los modelos numéricos de predicción del tiempo que se integraban en ellos, con la consiguiente mejora en la calidad y fiabilidad de las predicciones elaboradas. La tendencia en modelización para los próximos años es aumentar la resolución a menos de 2 km en la horizontal y a 90 niveles en la vertical y con este horizonte, la AEMET está realizando desde primeros de año la prospección de mercado con objeto de iniciar en 2009 la adquisición de un nuevo superordenador que se espera esté en funcionamiento para sustituir al CRAY X1E en 2010.

### **Infraestructura de observación meteorológica**

Como ya se ha mencionado la fiabilidad de la predicción depende directamente de la fidelidad con que se reproduce el estado de la atmósfera en el instante inicial. La Agencia Estatal de Meteorología dispone de una gran infraestructura para la observación meteorológica: 90 observatorios, 260 estaciones meteorológicas automáticas, 7 estaciones de radiosondeo en tierra y otra en el buque Esperanza del mar, 15 radares meteorológicos, red de detección de descargas eléctricas, e imágenes de satélites meteorológicos geoestacionarios y de órbita polar. Los datos procedentes de todos estos sistemas son transmitidos a través de la red de comunicaciones de la Agencia y difundidos a todo el mundo por medio del Sistema Mundial de Telecomunicaciones pertene-



En primer término el ordenador Cray X1E y al fondo, en color azul, el ordenador Cray SV1



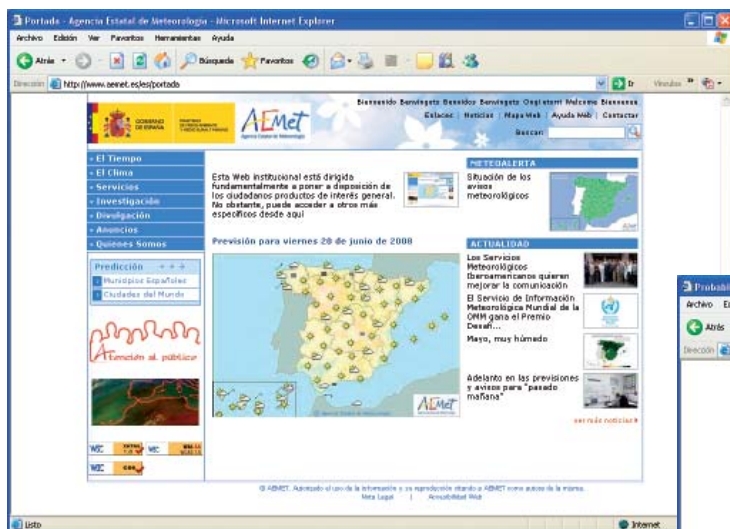
Sistema de almacenamiento de la AEMET

ciente a la Organización Meteorológica Mundial.

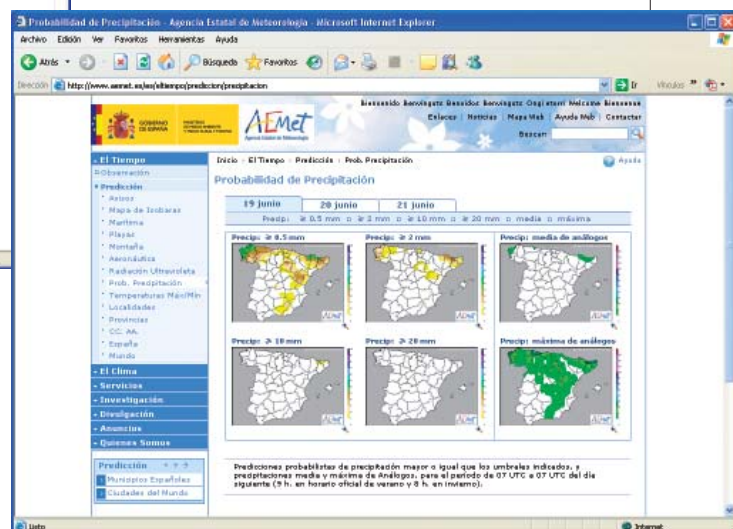
Con esta variedad de sistemas, que producen diariamente una gran cantidad de datos, se hace imprescindible disponer de un almacenamiento adecuado. Así, la AEMET dispone de un Área de Almacenamiento en Red (SAN), heterogénea, para el archivo de datos meteorológicos, imágenes de satélite, salidas de los modelos numéricos y otros productos, formada

por cuatro servidores Altix 350 de Silicon Graphics (con 6 procesadores Itanium cada uno de ellos), así como una cabina de discos LSI de 96 TB de capacidad y una librería robotizada ADIC-QUANTUM Scalar i2000, de 500 TB, de cartuchos LTO3. Las largas series de datos de observación meteorológica son uno de los principales valores de la Agencia Estatal de Meteorología y la base de todos los estudios sobre el clima y su evolución.»





La página web de la Agencia Estatal de Meteorología, proporciona multitud de servicios prácticos acerca del tiempo y su predicción



Uno de los medios más importantes para difundir los productos meteorológicos que se elaboran en la AEMET es a través de su página web, donde se publican avisos meteorológicos de fenómenos severos en zonas predeterminadas de España, predicciones para 7 días de más de 8.000 localidades españolas, así como imágenes de satélite, de radares meteorológicos, mapas de descargas eléctricas, observaciones procedentes de estaciones meteorológicas, escenarios climáticos, predicciones en ciudades del mundo. La página web de la AEMET ha tenido un incremento espectacular en el número de visitas, pasando de una media diaria de 50.000 a comienzos de 2005 a más de 300.000 en 2008). A este auge han contribuido varias causas, como son el incremento en el ancho de banda de nuestra conexión a Internet, que

ha pasado de 2 MB en 2005, a dos conexiones con balanceo de carga de línea mediante dos balanceadores Radware, de 100 y 50 MB, con dos proveedores diferentes, para asegurar alta disponibilidad; la modernización de los sistemas: se utilizan en la operación dos servidores, con balanceo de carga, Sun Fire T2000, con 8 núcleos y 32 hilos y 32 MB de RAM y S. O. Solaris; y la reciente adaptación de nuestro sitio Web a las normas de usabilidad y accesibilidad exigidas por la Administración General del Estado.

El tipo de actividades que la AEMET realiza para prestar el servicio requerido por la sociedad obliga a disponer en cada momento de la mejor tecnología posible, manteniendo el equilibrio entre costes y beneficios esperados. 🌈

Francisco Cadarso es Director de la Agencia Estatal de Meteorología y Carmen Rus Jiménez es Subdirectora General de Sistemas de Observación de la misma Agencia